

ユビキタスカメラを利用した 仕事中のマルチモーダル知識の表現と利用

Representation and Use of Multimodal Knowledge on the Task by using Ubiquitous Cameras

大谷尚史*1
Naofumi OHTANI

藤城卓己*1
Takumi FUJISHIRO

坂根裕*2
Yutaka SAKANE

竹林洋一*2
Yoichi TAKEBAYASHI

*1 静岡大学大学院情報学研究科
Graduate School of Information, Shizuoka University

*2 静岡大学情報学部
Faculty of Information, Shizuoka University

We have developed a new task support system that achieves knowledge acquisition. The proposing system enables a worker on the job to refer predecessors' know-how as a Multimodal Knowledge, which consists of movie clips annotated by their own talks and text descriptions. The system also films the worker's words and behaviors throughout the job to make the Knowledge enhanced. Experimental result suggested that the proposed system can keep the worker away from similar mistakes.

1. はじめに

機器の設計や製作, メンテナンスといった特定のドメインに特化した仕事を効率よく行うためには, 実際に作業を経験することで必要となる知識やノウハウを培っていくことが重要となる [1, 2, 3]. しかし, 仕事を通して得た知識やノウハウは経験者の記憶の中のみ蓄積され, 作業経験の少ないものへ継承されていない [4]. このような状況は社会にとって大きな損失であると言える.

十分な経験を持たない者にこのような知識を学習させるために, 仕事の手順をマニュアルとして提供したり, 実習として熟練者が補助しながら多くの仕事を初心者を経験させることが一般的に行われており, それらを支援するための研究も行われている [5, 6]. マニュアルは一般的に紙のメディアであり, 歯車の回転方向や速度といった動きに関する情報や, 正常時と異常時で機器から聞こえてくる音の情報や, 温度の変化などを正しく伝えることは困難である. 実習は, 特定のタスクを経験するための場であり, 不測の事態や環境の変化に対応した教育を十分には行えないという問題がある.

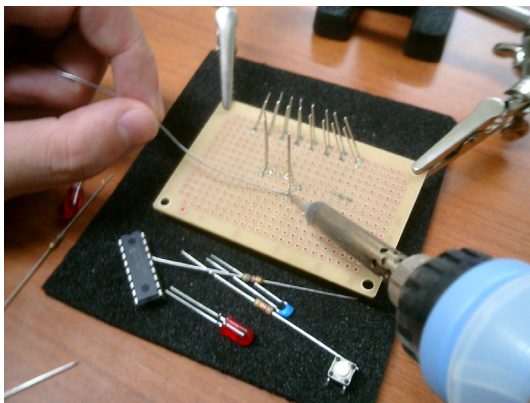


図 1: 電気回路工作

本研究では, 仕事の例として図 1 に示すような回路工作を取り上げる. 回路工作は, 設計・製作・デバッグなどの幅広い工程, 知識, ノウハウが必要となる仕事である. 本稿では, 回路工作を行っている作業者の作業の進め方を映像・音声・テキスト情報を用いたマルチモーダル知識として表現し, 作業者が持つ知識やノウハウを広く共有できる作業環境の実現について述べる.

2. 仕事におけるマルチモーダル知識

2.1 システム概要

図 2 に, 仕事に作業者が得た知識やノウハウを収集し, マルチモーダル知識として表現, 利用するモデル図を示す. システムは作業者に対して仕事手順を提示し, 作業者は手順を閲覧しながら仕事を進める. 作業者が手順に従って作業する様子を, 周辺に設置したカメラやコンピュータを用いて記録する. 作業終了後, 手順説明を閲覧していた時間の情報などを基に, 作業の様子を記録した映像や音声などを編集し, 作業事例として蓄積する.

システムはマルチモーダル知識として表現された作業事例を作業者が作業手順を閲覧する時や, 仕事についての一般的な

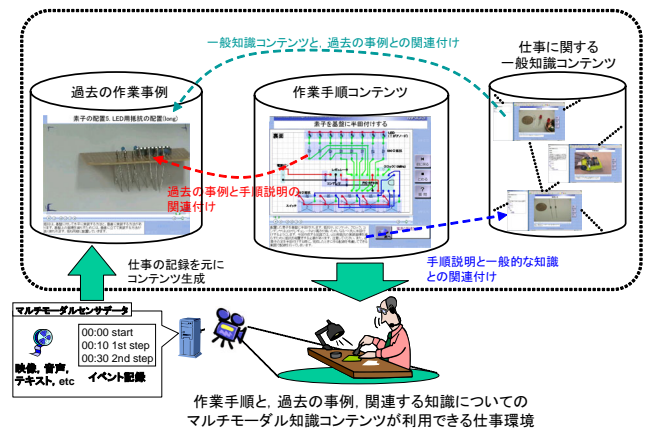


図 2: システム概要

知識である道具や部品の説明を閲覧する時に、実際の使用事例として提示する。

2.2 マルチモーダル知識としての表現

人が仕事を体験することで得る知識やノウハウを効果的に蓄積し、共有するためには以下に挙げる3つの問題があり、本稿で提案する作業環境を実現するためにはそれぞれの問題点を解決する必要がある。

経験で得た知識やノウハウを忘れてしまう

仕事を通して得られる知識やノウハウとは、作業者が一連の仕事を行いながら気づいた多くの事である。仕事をしている最中に気づいた全てのこと、そのときの様子を、仕事が終わってから正確に思い出すことは困難である。

この問題を解決するためには、仕事を行っている際の視線の動きや作業者の周辺の状況を常に記録し続けていくことが必要である。

仕事中の出来事を表現することが難しい

仕事を行う過程の全てのことを表現するためには、作業者の動作、対象におきる変化を記録可能なことが必要である。例えば、カメラは歯車などがどの方向に、どれだけ速く動くかといったことを記述するためには有効であるが、それに伴う温度変化を記録することは困難である。部品に熱を加える手順が含まれる場合には、温度センサなどを用意しておくことが必要となる。作事中で起きうることを考慮してセンサを選択し、状況を記録できる環境を構築することが必要である。

自分が持つ仕事の知識やノウハウに気づきにくい

多くの仕事や場面を経験した熟練者にとって、自分が何気なく行っていることや知っていることの中で、何が初心者や他の熟練者にとって有益なものかが自分で気づきにくいという問題がある。そのため、作中に感じたことを発声して表現することなく次の手順に進んでしまうことが多く、その場面で感じたことを記録することが困難である。

各手順を進める熟練者に対して、今何をしているのかを問いかけることで作業の説明や意図を発話させたり、作業中の作業者自身がその場で作業内容を自発的に記録しようとするのが可能な環境や雰囲気整備が必要となる。

2.3 マルチモーダル知識の利用

マルチモーダル知識として表現された仕事の様子は、後に同じ仕事を行う人や仕事の各手順における道具の使い方を学習する人が利用する。作業手順閲覧時には、作業者は過去の事例から注意すべきポイント、陥りやすいミス、効率よく仕事を進める方法などの知識を得て仕事を進めることが可能となる。部品や工具の使い方についての知識を閲覧する時には、実際の作事中においてどのような場面で、どのように使われるのかを具体的に知ることができ、より効果的な学習が可能となる。

仕事に対する経験が浅い作業者は、過去の熟練者による作業事例を閲覧することで、一般的な手順説明には記述されていない、熟練者による効率のよい作業手順を習得し、自身の技能の向上や仕事効率の向上を図ることが可能である。熟練者は、初心者の作業事例を閲覧することで、陥りやすいミスは何か、自分が持つ仕事に対する知識の中で、他の作業者にとって有用である知識が何かに気づくことが可能となる。

マルチモーダル知識として表現された複数の作業事例を仕事の手順に関連付けること、仕事における一般的な知識と実際の事例との関連付けて閲覧できる環境が必要となる。

3. 実装

作業環境

実際に構築した環境で仕事をしている様子を図3に示す。左側の人物(作業者)は、作業手順や過去の事例を視線を奪われることなく閲覧するためにミノルタ社のホログラフィックシーブルーブラウザ、音声コマンドによる知識検索や、手順説明を聞くために東芝社の無線ヘッドセットであるスピーチレコグナイザを着用する。作業者の周辺に設置したカメラにより、作業者の手元の様子、発話内容、環境音を記録する。右側の人物(記録者)は、作業中の作業者が行った作業の様子の解説を時間情報とともに手元のコンピュータを利用して記録する。この情報は、記録された膨大な映像などを後から編集するために利用する。記録された作業事例の、マルチモーダル知識としての表現には東芝社の Multimodal Knowledge and Information on Demand Service (MKIDS) [7] を用いた。

作業事例の収集

実際に構築した環境を利用して、回路工作経験者の作業の様子を作業事例として記録する実験を行った。作業者は、図5に示す作業手順説明、必要となる部品や工具の使い方を閲覧しながら作業を行った。図5において、右側のウィンドウには手順説明や作業事例の映像と解説のテキストが表示される。左側のウィンドウには閲覧中の手順説明に対応する過去の作業事例のリスト、手順説明のテキスト中に現れる用語を説明する知識



図 3: 回路工作作業の記録

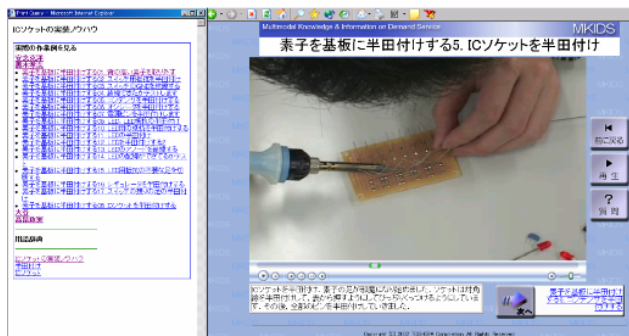


図 4: 過去の作業事例

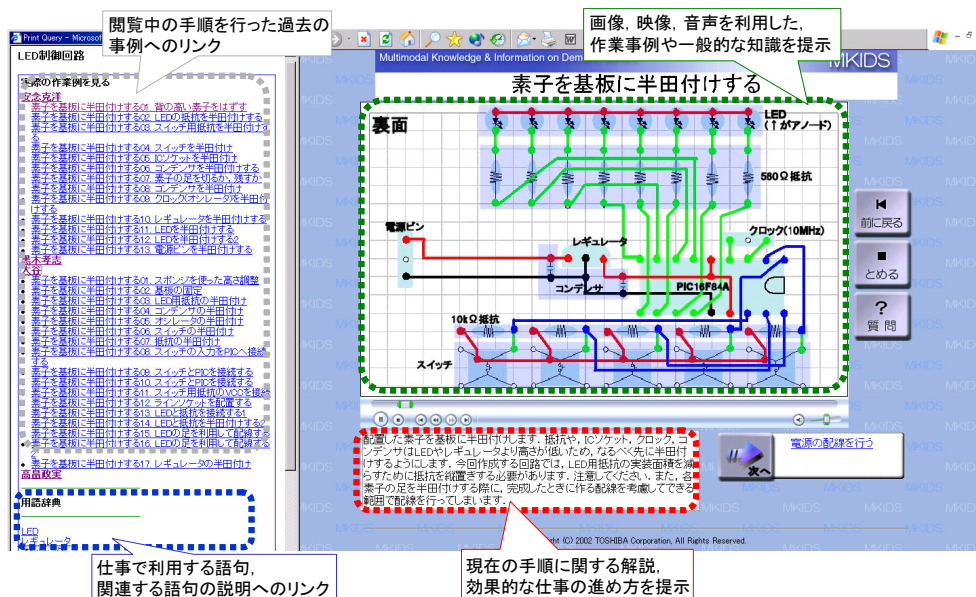


図 5: マルチモーダル知識閲覧画面

へのリンクが列挙される。今回実装した閲覧インタフェースでは、作業手順に含まれる道具、手順名をキーワードとして、蓄積された全ての作業事例から検索した結果を提示する。

本システムでは、作業中に記録した映像・音声に対して、記録者が作業中に行う場面への意味づけを行い、作業の直後に、マルチモーダル知識として閲覧可能とした。表現されたマルチモーダル知識の例を図 4 に示す。作業事例閲覧時においても、左側のウィンドウを利用し、閲覧中の作業事例に対応する別の作業者の作業事例を選択できる。

作業事例の記録は、筆者らの一人を含む回路工作経験者 4 名が実際に作業を行っている様子を記録した。回路工作には、特殊な部品や工具を扱う必要のない回路を例題とした。この実験により、合計 11 時間の作業記録映像と、212 個の意味づけされた場面が抽出された。

4. 考察

4.1 作業事例の閲覧に関するアンケート

回路工作経験者 4 名による作業事例を利用して、5 名の作業経験者と 3 名の経験が浅い者に、作成したマルチモーダル知識を利用してもらい、複数人の作業事例を閲覧可能な作業環境に関して自由記述によるアンケート調査を行った。

作業事例閲覧の有効性について

作業に対する経験の有無に関わらず、回答者の多くが作業中に実際の作業事例を閲覧できることは自分の作業を進める上で有用であると回答した。以下に得られた意見の例を挙げる。

- 自分の道具の使い方が正しいかどうか、他者と比較して確認することができて良い。
- 過去の事例の中の、失敗している事例を参考に、間違えを回避することができる。
- 通常の作業手順説明と異なり、作業事例中の手順進捗と自分の進捗を比べながら作業ができて良い。
- 多くの知識が提示される中で、どの項目に注目したら良いか迷ってしまった。

作業事例の閲覧自体については有用であるとの意見が得られたが、知識閲覧に迷ってしまう場面が見られたことから、今後蓄積された知識の増大に応じて、知識の全体像を把握できるようなナビゲーション方法の考案や、作業者の経験の度合いや、今知りたいと思っていること、解消したい疑問点に基づき、次に示すような観点から優先的に提示する知識を変更できる環境が必要であると考えられる。

- 上手だという評判が高い作業者順での提示
- 失敗している例の優先的な提示
- 全工程において失敗率の低い人を順に提示

作業事例を利用する効果について

先のアンケートにおいて、多くの回答者から作業事例を閲覧可能であることは有用であるとの意見が得られた理由として、次のような回答が得られた。

- 最後まで作業することで気づく効率の良い作業手順などを、事前に作業事例から学習することで効率の良い作業ができる。
- 作業事例を通して、単に物や道具の使い方だけでなく、作業者が直面するさまざまな状況を知ることができるのが良い。

以上のような回答から、作業事例を閲覧できる作業環境では、既存の紙による手順説明で表現可能な、各手順が終わった時点での素子の配置や配線状況に加えて、作業過程で回路基板の様子やどのように変化していくか、その時作業者がどのように対処したかについても伝えることが可能であることが確認できた。

4.2 作業過程のマルチモーダル知識化について

作業を行った経験者のうち、筆者らの一人を除く 3 名に対して、自身の作業過程がマルチモーダル知識化され、閲覧可能となったことに関して自由記述によるアンケート調査を行った。

作業事例としての蓄積について

自分の作業している様子が場面を追って閲覧可能となったことに関して、次のような意見が得られた。

- 自分の何気なくやっている作業事例が他人の役に立つことを嬉しく感じた。
- 何気ない動作や発言も、記録者による客観的なコメント付けによって自分にとっても役立ちそうに感じた。
- 自分の作業を見返すことで、作業手順の効率化に繋がりそうだと感じた。

作業者と記録者の二人で作業することについての調査

回路工作を作業者と記録者の二人で行ったことに関して、次のような意見が得られた。

- 作業に集中してしまうことで、作業の解説を発話しなくなりがちになるのを防げた。
- 自分の何気ない発言が、記録者によってまとめられることで役立ちそうな可能性を感じた。
- 些細なことで記録するかどうか迷ったことが、記録者側から質問されることで残り、それが意外に役立つ場面が見られた。
- 記録者がある程度工作についての知識を持っていないと、まとめることが難しそう。発話内容をそのまま残せば良いというものではない。

記録者を設けることで、仕事に没頭することなく作業者自身の言葉でそのときに何をしているのかを発話する機会が増えたとの回答が得られた。今回の作業事例収集実験において記録者と作業者を設け、半ば強制的に記録者が作業者に対して何をしているのか問いかけることで、作業者の意図や注力した点などが作業者の発話によって記録することが可能となったと考えられる。

作業事例の表現手法について

今回の実験において、回路工作の様子をカメラによる映像・音声、記録者によるテキストを用いたマルチモーダル知識として表現したことに関して、次のような意見が得られた。

- 今回の回路工作の例題においては、その場で起きたことが表現されていた。
- 手元の映像を中心とした記録だけでなく、作業者の視線移動の記録もあると良い。作業対象以外に何に注視しながら作業していたのが今回の例では分かりづらく感じた。
- 映像や音声だけでは開始時に緊張しながら作業をしたという、作業者自身の心身の状態までは伝わりにくい。

映像、音声、テキストのみを利用した作業事例の表現であっても、作業の様子をある程度正確に伝えることが可能であるとの知見が得られた。今回記録を行わなかった、人間の体温、脈拍、発汗、視線移動などの無意識的に変化する情報を記録することで、焦っている、楽しい、といった心理状態も表現できるのではないかと考えられる。

5. まとめ

本稿では、これまで各作業者が経験を重ねることなしには得られなかった仕事を進める上での知識やノウハウを映像、音声、テキストを用いたマルチモーダル知識として記録し、自由に閲覧できる環境を構築した。構築した環境を利用し、作業事例を利用してもらうことを通して、マルチモーダル知識を利用した作業事例の表現が作業を円滑に進める上で有効であることを確認した。

今後、手元の作業記録に加えて発汗、視線、脈拍などの生体データをマルチモーダル知識として表現し、Minsky の提案する Emotion Machine [8, 9] が提案する心のモデルに作業者の心理状態を当てはめてゆくことで心理状態が人間の行動へ与える影響について検討を進めてゆく。

謝辞

本研究の一部は (株) ミノルタ (株) 東芝の協力による。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] Constantine, L. and Lockwood, L.: "Instructive Interaction: Making Innovative Interfaces Self-Teaching," User Experience, Winter, 14-19 (2003) .
- [2] 新ヶ江, 竹内, 大槻: "実験環境における発見的学習の支援," 人工知能学会誌 第 10 巻 第 3 号 PP.373-382 (1995) .
- [3] Mel Gray, Jill Gibbons: "Experience-based learning and its relevance to social work practice," Australian Social Work Vol.55, Issue 4, PP.279-291 (2002) .
- [4] 中山, 真鍋, 竹林: "知識情報共有システム (Advice/Help on Demand) の開発と実践: 知識ベースとノウハウベースの構築," 情報処理学会論文誌 Vol.39, No.5, PP.1186-1194 (1998) .
- [5] 中川, 森, 松尾: "困ったときに役立つ電子化マニュアルを目指して," 情報処理学会 デジタル・ドキュメント研究会報告, 97-DD-5 (1997) .
- [6] 松崎, 新田, 下田, 吉川, Wu, 中川, 寺下: "レーザ光とカメラを用いた作業支援環境の構築," 計測自動制御学会 システム・情報部門シンポジウム 2001 講演論文集, PP.343-348 (2001) .
- [7] 竹林, 鈴木, 岐津, 浦田, 網, 宮澤, 金沢: "ユビキタス環境における音声対話システム MKIDS の開発," 日本音響学会 2002 年春季研究発表会講演論文集, 2-5-13, PP.99-100 (2002) .
- [8] Marvin Minsky: "The Emotion Machine(draft)," <http://web.media.mit.edu/~minsky/>
- [9] Marvin Minsky, Push Singh, Aaron Sloman: "DESIGNING ARCHITECTURES FOR HUMAN-LEVEL INTELLIGENCE," To appear in AI Magazine. (2004)